

不同种植模式对新压砂瓜田土壤养分和土壤酶活性的影响

张娟, 吴宏亮, 康建宏, 许强, 马斯霜
(宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021)

摘要: 在田间试验条件下, 研究了在新砂田压砂瓜生育期内, 单作(T1)、间作(T2)、覆膜单作(T3) 不同种植模式对土壤养分和土壤酶活性的影响。结果表明: (1) 三种种植模式下土壤养分含量以 T3 处理最高, 其次是 T2 和 T1; 土壤有机质变化规律为“高-低-高-低”双峰模式, 其余养分变化相似, 呈“高-低-高”单峰模式。 (2) 三种种植模式下土壤酶活性的变化均呈现出一定的规律性; 不同种植模式下土壤酶活性存在显著差异, 其中 T3 处理土壤酶活性最高, T2 处理次之, T1 处理最低。 (3) 在各生育时期, 土壤酶活性与各土壤养分存在显著或极显著相关关系。 (4) 三种种植模式下, 西瓜产量高低为 T3>T2>T1。

关键词: 种植模式; 新砂田; 土壤酶活性
中图分类号: S343.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0107-07

Effects of different cropping patterns on contents of soil nutrients and soil enzyme activity of the new gravel-sand mulching field watermelon

ZHANG Juan, WU Hong-liang, KANG Jian-hong, XU Qiang, MA Si-shuang
(The Agricultural School, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: Under the field conditions, we studied the contents of soil nutrients and soil enzyme activities at different growth stage of the new gravel-sand mulched field watermelon, with three treatments of monoculture (T1), intercropping (T2), and monoculture with plastic film mulching (T3). The results showed that the contents of soil nutrients in this three cropping patterns of T3 were highest, followed by T2 and T1 for the whole growth period of watermelon. Soil organic matter showed a bimodal pattern of high-low-high-low, and the same for other soil nutrients. Soil enzyme activities were highest for T3, medium for T2, and lowest for T1. Significantly positive correlation between soil enzyme activities and soil nutrients was detected. Watermelon yield followed the order of T3>T2>T1. Results obtained are helpful for watermelon production through gravel-sand mulching.

Keywords: cropping patterns; gravel-sand mulching; soil enzyme activity

砂田是一种在田面覆盖 10~15 cm 的鹅卵石、混合砂石的耕作方式, 具有明显的增渗、减蒸、保温、抗蚀作用, 是我国西北干旱地区劳动人民为了生存, 与自然抗争并经过长期生产实践不断总结创新而形成的一种世界独有的中国西北独特的、传统的一种保护性耕作方式^[1-2]。宁夏压砂瓜尤其是中部干旱带环香山地区的砂田西瓜被确定为重点发展的优势特色产业, 已成为中卫市农业发展的主导产业, 而压砂地也成为宁夏中部干旱地带保护性耕作的主导模式^[3]。随着砂田西瓜种植面积不断扩大, 90% 以上的新砂田在早期都采用单作种植的模式, 而西瓜是起源于非洲的喜温喜光作物, 尤其忌连作栽培, 长期连作不仅会造成病虫害大面积爆发, 导致产量和品质下降, 而且还会导致严重的生态问题 and 环境问题。

收稿日期: 2013-07-05
基金项目: 2012 年—2014 年国家科技部农业成果转化资金项目《压砂地轮作模式、配套技术与专用设备成果转化与示范》(2012G3001016)
作者简介: 张娟(1989—), 女, 甘肃白银人, 在读硕士, 主要从事种植制度和土壤活性方面的研究工作。E-mail: zhangjuan89329@163.com。
通信作者: 许强(1954—), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事作物栽培学与耕作学及农业生态学方面的教学与研究工作。E-mail: nx-wheat@163.com。

题^[4-5],严重制约砂田农业的可持续发展。

土壤酶活性是影响土壤有机质和养分转化的关键因子,主要参与土壤中许多重要的生物化学过程和物质循环,可以客观地反映土壤的肥力状况。土壤酶活性受种植模式、地理位置、植被、气候变化以及土壤类型等诸多因子的影响,可以直接反映土壤的肥力状况,因此常被用于土壤肥力评价、环境监测,尤其在确定认为扰动对土壤性状的影响方面具有重要意义^[6],并且有人提出将土壤蔗糖酶、脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶等 4 种酶活性作为评价土壤肥力的指标^[7]。当前国内外对砂田单作、间作、覆膜单作单一模式的研究很多,但将三种种植模式对土壤养分和土壤酶活性的影响放在一起对比研究的报道

较少,本文通过分析新砂田三种不同种植模式下土壤养分和土壤酶活性的变化情况,确定适合新砂田压砂瓜栽培的最优种植模式,旨在为宁夏砂田农业的可持续发展提供理论与技术支撑。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2012 年 4—9 月在宁夏回族自治区中卫市中宁县白马村砂田进行。该地年平均气温在 8.2~10℃ 之间,年均无霜期 159~169 d,年均降水量 138~353.5 mm,年蒸发量 1 729.6~1 852.2 mm,全年日照时数 3 796.1 h。该砂田原始土壤的基本理化性质见表 1。

表 1 田间试验土壤基本理化性质
Table 1 Soil properties of experimental field

土壤类型 Soil type	全氮 Tot. N /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Alkal. N /(mg·kg ⁻¹)	全磷 Tot. P /(g·kg ⁻¹)	速效磷 Avail. P /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Avail. K /(mg·kg ⁻¹)	有机质 O. M /(g·kg ⁻¹)	pH	水溶性盐总量 Tot. water soluble salt/(g·kg ⁻¹)
砂田 Gravel-sand mulchingfield	0.24	10.64	0.33	3.31	73.33	0.34	8.49	0.52

1.2 供试品种 金城 5 号。

1.3 试验设计

本试验采用田间随机区组试验,试验小区总面积 666.7m²。试验共设置三种种植模式,分别为单作(T1)、间作(T2)、覆膜单作(T3),各处理等比例(面积)种植。其中西瓜单作(T1)作为对照组,间作(T2)为西瓜||绿豆,覆膜单作(T3)为砂上覆膜栽培模式;西瓜行距 2.0 m,株距 1.4 m,绿豆行距 1.0 m,株距 0.7 m。该试验在第一年新铺砂田进行了为期一年的试验,田间管理同周边砂田一致。

1.4 样品采集

在压砂瓜各生育期,每种处理随机选取 3 个取样点,因为西瓜根系对土壤活性的影响较大,所以取 5~20 cm 西瓜根系附近的耕层土壤,剔除石砾或植被残根等杂物后混匀,保留 1 kg 左右,装入自封袋封口带回。新鲜土样在室温下风干,过 1 mm 筛,用于土壤养分和土壤酶活性的测定。

1.5 测定项目和方法

1.5.1 土壤养分含量测定 全磷采用硫酸-高氯酸消煮,钼锑钨比色法测定;速效磷用 0.5 mol·L⁻¹的碳酸氢钠浸提,钼锑钨比色法测定;速效钾用乙酸铵提取,火焰光度计法测定;有机质采用重铬酸钾容量法测定;碱解氮用碱解扩散法测定;全氮用凯氏定氮仪 KDY-9830 测定。

1.5.2 土壤酶活性测定 土壤过氧化氢酶活性用高锰酸钾滴定法测定,其活性以 1 min 1 g 土壤消耗 0.02 mol·L⁻¹高锰酸钾毫升数表示;土壤脲酶活性用苯酚钠-一次氯酸钠比色法测定,其活性以 1 h 1 g 土壤中 NH₃-N 的毫克数表示;土壤碱性磷酸酶活性用磷酸苯二钠比色法测定,其活性以 1 h 1 g 土壤中的 P₂O₅ 毫克数表示;土壤蔗糖酶活性用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定,其活性以 1 h 1 g 土壤中葡萄糖毫克数表示。

1.6 数据处理与分析

用 Excel 2003 做数据整理,用 DPS 数据处理系统(v7.05)进行数据方差分析,用新复极差法(Duncan)进行多重比较,并做相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式对压砂瓜各生育期土壤养分含量的影响

由表 2 可见,除了土壤碱解氮和全氮在膨大期和成熟期为 T2>T3>T1 外,其余各生育期、各处理土壤养分含量均为 T3>T2>T1,在整个生育期,土壤有机质变化规律为“高-低-高-低”双峰模式,其余养分变化相似,呈“高-低-高”单峰模式,只是其高峰期和低峰期有所不同。

表 2 不同种植模式对土壤养分含量的影响

Table 2 Effects of different planting modes on soil nutrient contents

土壤养分 Soil nutrient	处理 Treatment	生育时期 Growth stages				
		团棵期 Resettling	伸蔓期 Vining	开花坐果期 Flowering	膨瓜期 Fruiting	成熟期 Maturity
全磷 Tot. P /(g·kg ⁻¹)	T1	0.32 ± 0.01 c	0.30 ± 0.00 c	0.32 ± 0.01 b	0.32 ± 0.01 c	0.35 ± 0.01 b
	T2	0.35 ± 0.01 b	0.32 ± 0.01 b	0.33 ± 0.01 b	0.35 ± 0.01 b	0.35 ± 0.00 b
	T3	0.38 ± 0.01 a	0.35 ± 0.01 a	0.35 ± 0.01 a	0.44 ± 0.01 a	0.45 ± 0.02 a
速效磷 Avail. P /(mg·kg ⁻¹)	T1	2.69 ± 0.43 b	2.28 ± 0.31 b	2.96 ± 0.21 c	3.38 ± 0.41 b	3.86 ± 0.31 c
	T2	3.03 ± 0.31 ab	2.90 ± 0.24 a	3.51 ± 0.24 b	3.72 ± 0.31 ab	4.41 ± 0.29 b
	T3	3.72 ± 0.43 a	3.31 ± 0.31 a	4.06 ± 0.24 a	4.27 ± 0.12 a	5.64 ± 0.00 a
速效钾 Avail. K /(mg·kg ⁻¹)	T1	56.67 ± 5.77 c	50.00 ± 0.00 c	40.00 ± 0.00 c	36.67 ± 5.77 c	66.67 ± 5.77 c
	T2	76.67 ± 5.77 b	63.33 ± 5.77 b	60.00 ± 0.00 b	50.00 ± 0.00 b	90.00 ± 0.00 b
	T3	120.00 ± 0.00 a	90.00 ± 0.00 a	80.00 ± 0.00 a	73.33 ± 5.77 a	130.00 ± 0.00 a
有机质 O. M /(g·kg ⁻¹)	T1	0.24 ± 0.00 c	0.17 ± 0.02 c	0.12 ± 0.05 c	0.26 ± 0.02 c	0.21 ± 0.03 c
	T2	0.41 ± 0.00 b	0.36 ± 0.00 b	0.34 ± 0.03 b	0.45 ± 0.03 b	0.39 ± 0.03 b
	T3	0.53 ± 0.00 a	0.49 ± 0.02 a	0.45 ± 0.03 a	0.54 ± 0.02 a	0.58 ± 0.03 a
碱解氮 Alkal. N /(mg·kg ⁻¹)	T1	17.02 ± 1.06 c	10.11 ± 0.00 c	7.98 ± 1.60 b	7.09 ± 0.81 b	8.51 ± 1.06 c
	T2	24.12 ± 1.87 b	18.44 ± 0.31 b	15.07 ± 1.33 a	16.67 ± 0.81 a	24.29 ± 1.11 a
	T3	28.37 ± 0.31 a	24.83 ± 1.87 a	17.38 ± 0.31 a	16.14 ± 0.61 a	22.17 ± 0.81 b
全氮 Tot. N /(g·kg ⁻¹)	T1	0.19 ± 0.05 c	0.18 ± 0.04 b	0.15 ± 0.02 b	0.15 ± 0.01 b	0.16 ± 0.00 c
	T2	0.25 ± 0.01 b	0.23 ± 0.03 ab	0.20 ± 0.01 a	0.19 ± 0.00 a	0.26 ± 0.03 a
	T3	0.37 ± 0.01 a	0.28 ± 0.02 a	0.21 ± 0.01 a	0.18 ± 0.02 a	0.21 ± 0.02 b

注:注:小写字母表示处理间差异达 5%显著水平。
Note: Different lowercase letters indicate significant difference at $P\leq0.05$ level.

土壤全磷和速效磷含量在伸蔓期最低,在成熟期达到峰值。以成熟期为例,T1 和 T2 与 T3 处理间全磷含量(g·kg⁻¹)均呈显著性差异,T1 和 T2 处理间差异不显著,分别为 0.35、0.35、0.45,T3 较 T1 和 T2 增加 28.57%,T2 较 T1 无增加;T1、T2、T3 三种处理之间速效磷含量(mg·kg⁻¹)差异显著,分别为 3.86、4.41、5.64,T3 较 T1 增加 46.11%,较 T2 增加 27.89%,T2 较 T1 增加 14.25%。

土壤速效钾含量(mg·kg⁻¹)在膨大期达到最低,在成熟期上升达到最大值。在成熟期,T1、T2、T3 处理间呈显著性差异,分别为 66.67、90.00、130.00,T3 较 T1 增加 94.99%,增加明显,较 T2 增加 46.66%,T2 较 T1 增加 44.44%。

土壤有机质含量(g·kg⁻¹)在开花坐果期最低,T3 在成熟期达最大值,在膨大期,T1、T2 达到峰值。在膨大期,T1、T2、T3 处理间呈显著性差异,分别为 0.26、0.45、0.54,T3 较 T1 增加 107.69%,超过一倍,较 T2 增加 20.00%,T2 较 T1 增加 73.08%。

T1 和 T3 处理的土壤全氮和碱解氮含量在团棵期最高,在膨大期最低,在成熟期略有回升;T2 处理在开花坐果期最低,在成熟期达峰值。在成熟期,

T1、T2、T3 三种处理之间全氮含量(g·kg⁻¹)均呈显著性差异,分别为 0.16、0.26、0.21,T2 较 T1 和 T3 分别增加 62.50%、23.81%,T3 较 T1 增加 31.25%;T1、T2、T3 三种处理之间碱解氮含量(mg·kg⁻¹)差异显著,分别为 8.51、24.29、22.17,T2 较 T1 和 T3 分别增加 185.43%、9.56%,T3 较 T1 增加 160.52%,增加显著。

土壤养分含量的变化可能与压砂瓜的营养临界期有关,在不同生育期,压砂瓜在生育前期对磷的吸收较多,高峰出现也早,在伸蔓期趋于平稳,膨大期明显降低;对钾的吸收在生育前期较少,至膨大期吸收量急剧上升;对氮素的吸收较早,至伸蔓期增加迅速,膨大期达吸收高峰。土壤有机质含量在成熟期略有降低可能是因为叶片等脱落,土壤微生物活动加剧,分解土壤有机质转化为其它养分,所以有机质减少而其他养分含量有所增加,覆膜单作因为有效改善土壤环境,导致其有机质含量增加。土壤全氮和碱解氮在膨大期及成熟期时,间作高于覆膜单做是因为该期间作绿豆根系正处于生长旺盛时期,其固氮能力使间作土壤氮素含量明显高于单作和覆膜单作。总体看来,与单作和间作相比,覆膜单作有利

于土壤养分含量的增加和土壤理化性状的改善,可以作为新砂田的最优种植模式。

2.2 不同种植模式对压砂瓜各生育期土壤酶活性的影响

2.2.1 不同种植模式对土壤过氧化氢酶活性的影响 土壤过氧化氢酶能够促进土壤中多种过氧化物的分解,减轻土壤过氧化物积累对植物造成的毒害,在土壤中分布极广^[8]。由图 1 可知,不同种植模式下,在压砂瓜整个生育期内土壤过氧化氢酶活性变化均呈现出先上升后下降的变化规律;在同一种种植模式下土壤过氧化氢酶活性在开花坐果期最高,并且明显高于其它各生育时期;不同种植模式在同一生育期的土壤过氧化氢酶活性均存在显著差异且 T3>T2>T1,尤其在开花坐果期,T1、T2、T3 过氧化氢酶活性($\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$)分别为 1.3467、1.5142、2.0256,T3 较 T1 增强 50.41%,较 T2 增强 25.25%;T2 较 T1 增强 12.44%。这可能与压砂瓜由营养生长向生殖生长的转变有关,在转变过程中营养生长和生殖生长同时进行,植株代谢增强,与土壤的交互作用增加,造成土壤中过氧化氢含量的增加,而土壤过氧化氢酶活性的提高有利于维持其自身氧化平衡;在压砂瓜成熟期土壤过氧化氢酶的活性增强,这可能是由于压砂瓜整个生育期基本完结,叶片和根系都逐渐衰老脱落,土壤有机质含量增加而引起的土壤过氧化氢酶活性提高。覆膜单作可显著提高土壤过氧化氢酶活性,维持土壤中过氧化物代谢平衡,为压砂瓜生长提供合适的土壤氧化水平,减轻过氧化物积累对压砂瓜根系的毒害,有利于压砂瓜的生长。

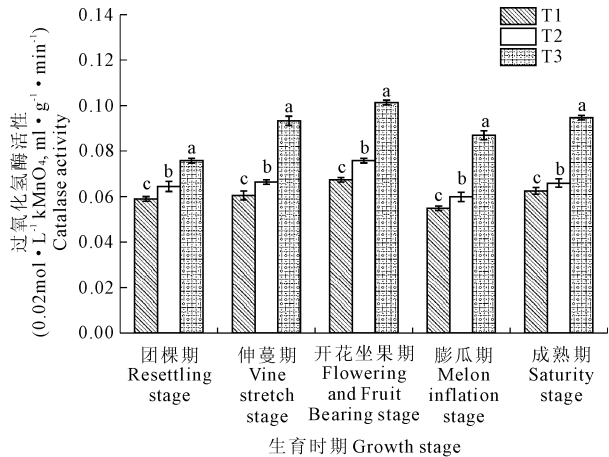


图 1 不同种植模式对土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig.1 Effects of planting modes on soil catalase activity

2.2.2 不同种植模式对土壤脲酶活性的影响 土壤脲酶是催化土壤中尿素水解为氨的关键酶,其活性常用于表征土壤的氮素情况^[9],并能间接反映出

土壤的生产力。图 2 显示,土壤脲酶活性在压砂瓜整个生育期内呈现出单峰的变化模式,其活性先上升后下降;在同一种种植模式下土壤脲酶活性在开花坐果期最高并且明显高于其它各生育时期;就压砂瓜整个生育期而言,不同种植模式下土壤脲酶活性 T3>T2>T1,T2 和 T1 仅在膨大期差异不显著,T2 和 T3 在团棵期无显著差异,在其它时期,三种种植模式间脲酶活性存在显著差异,在开花坐果期,T1、T2、T3 脲酶活性($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)分别为 0.2442、0.2613、0.3828,T3 较 T1 增强 56.76%,较 T2 增强 31.74%;T2 较 T1 增强 6.54%。这可能与压砂瓜整个生育期的氮素需求特性有关,开花坐果期正值夏季高温期,压砂瓜营养生长和生殖生长并存,植株生长旺盛,对氮肥需求量极大,土壤中氮素消耗增加,土壤脲酶活性的增加有利于加快土壤中氮素形态的转变,维持土壤氮素平衡。土壤脲酶活性的提高能够有效改善土壤的供氮能力,在相同的施肥措施下覆膜单作能够有效提高土壤氮素供应能力,为压砂瓜的生长发育提供充足的氮素,是种植压砂瓜的较优模式。

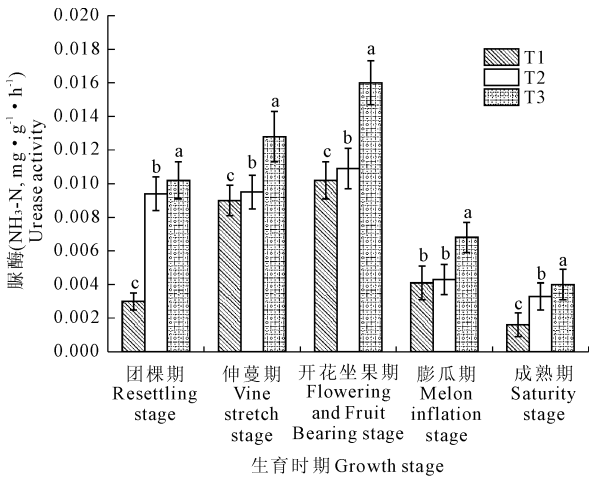


图 2 不同种植模式对土壤脲酶活性的影响

Fig.2 Effects of planting modes on soil urease activity

2.2.3 不同种植模式对土壤碱性磷酸酶活性的影响 土壤磷酸酶主要作用于进入土壤或在土壤中累积的含磷化合物并参与土壤磷素循环;其活性的高低直接影响着土壤有机磷的分解转化和生物有效性^[10],是土壤磷素水平的重要指标。图 3 显示,与土壤脲酶活性一样,在压砂瓜整个生育期内土壤碱性磷酸酶活性也呈现出单峰变化,其活性先上升后下降;只是在伸蔓期土壤碱性磷酸酶活性达到最高并且明显高于其它各生育时期;不同种植模式下土壤碱性磷酸酶活性 T3>T2>T1,仅在开花坐果期 T2 和 T1、T2 和 T3 差异不显著,在其它时期,三种种植

模式间碱性磷酸酶活性均存在显著差异,在伸蔓期, T1、T2、T3 碱性磷酸酶活性($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)分别为 0.4904、0.5824、0.8583, T3 较 T1 增强 75.02%, 较 T2 增强 43.37%; T2 较 T1 增强 18.76%; 不同种植模式对土壤碱性磷酸酶的影响主要集中在开花坐果期以前。在团棵期和伸蔓期土壤碱性磷酸酶活性 T3 明显高于 T2 和 T1; 而在开花坐果期到成熟期三种种植模式下土壤碱性磷酸酶活性基本上没有差别。图 3 表明, 与间作和单作相比覆膜单作更利于压砂瓜早期的生长, 而对压砂瓜后期生长的影响基本没有差别。因此, 三种种植模式相比, 覆膜单作更适合压砂瓜种植。

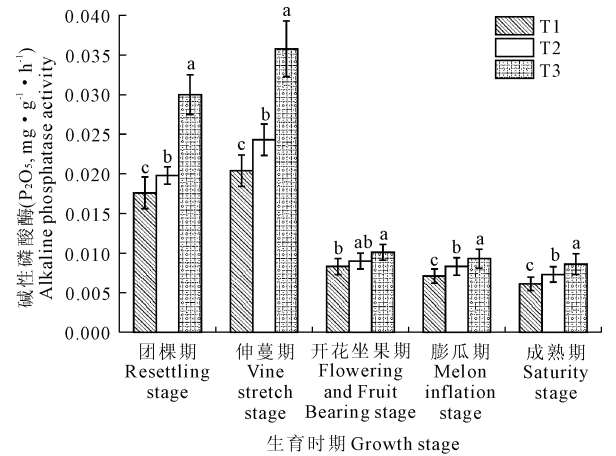


图 3 不同种植模式对土壤碱性磷酸酶活性的影响
Fig.3 Effects of planting modes on soil alkaline phosphatase activity

2.2.4 不同种植模式对土壤蔗糖酶活性的影响
蔗糖酶又叫转化酶,对土壤碳循环和丰富土壤中能被植物和微生物利用的易溶性营养物质有着重要的作用^[11]。一般而言土壤肥力和有机质含量较高的土壤其蔗糖酶活性也较高^[7]。图 4 显示,在压砂瓜整个生育期内,不同种植模式下土壤蔗糖酶活性变化均为先逐渐上升,到开花坐果期达到高峰然后逐渐下降,其变化趋势与土壤脲酶较为相似。不同种植模式间土壤蔗糖酶的活性在各生育期均存在显著性差异,且 $T3 > T2 > T1$; 在开花坐果期, T1、T2、T3 土壤蔗糖酶活性($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)分别为 7.8022、10.2704、16.7152, T3 较 T1 增强 114.24%, 较 T2 增强 31.63%; T2 较 T1 增强 6.54%。压砂瓜开花坐果期的营养和生长状况直接影响其坐果的数目和质量,对西瓜的产量和品质都有很大影响,而在开花坐果期土壤蔗糖酶的活性 T3 明显高于 T2 和 T1,这说明覆膜单作更有利于压砂瓜产量和品质的提高。但在压砂瓜团棵期土壤蔗糖酶的活性基本没有差别,这

说明短期的不同种植模式对土壤蔗糖酶活性的影响很小,有研究表明,土壤蔗糖酶活性仅在单作五年以上的土壤中才会表现出活性下降。因此,就土壤蔗糖酶活性而言,覆膜单作更适合新砂田压砂瓜的种植。

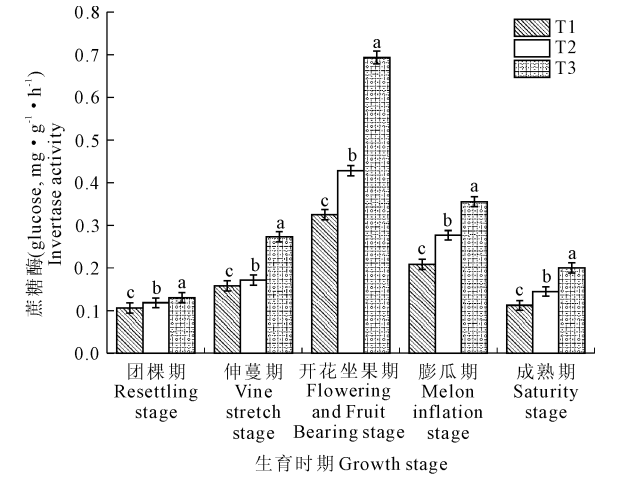


图 4 不同种植模式对土壤蔗糖酶活性的影响
Fig.4 Effects of planting modes on soil invertase activity

2.3 土壤养分含量与土壤酶活性的相关性分析
土壤酶是土壤组成的一部分,来自土壤微生物、动物和植物,是各种生化反应的催化剂;土壤肥力状况又是土壤酶活性的基础,所以常被用作预测土壤肥力的指标^[8,13]。由表 3 可知,在团棵期,过氧化氢酶活性除与碱解氮无显著相关关系外,与其它养分均呈极显著或显著相关关系;脲酶活性与碱解氮、有机质呈显著相关关系;蔗糖酶活性与各养分都有极显著或显著相关关系;碱性磷酸酶活性与碱解氮、全氮之间呈显著或极显著相关;这可能与西瓜的氮素临界期及吸收有关。在其它生育时期,四种土壤酶活性与速效钾、全磷呈显著或极显著相关关系;此外在开花坐果期、膨瓜期及成熟期,脲酶、蔗糖酶和碱性磷酸酶活性与有机质也存在显著或极显著相关关系;这可能与西瓜的钾、磷素临界期及吸收有关,西瓜后期的衰老对有机质与土壤酶活性都产生了一定的影响。另外,各种土壤酶活性之间也存在显著或极显著正相关关系。该结果表明土壤酶活性与土壤养分之间关系密切,土壤过氧化氢酶和碱性磷酸酶活性可作为评价土壤肥力的指标。

2.4 不同种植模式对压砂瓜单瓜重及产量的影响
由表 4 可以看出,三种处理 T1、T2、T3 的单瓜重(kg)分别为 4.77、5.12、5.98, $T3 > T2 > T1$, T3 较 T1 增加 25.37%, 较 T2 增强 16.80%, T2 较 T1 增强 7.34%。三种处理的产量($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$)高低为 $T3 > T2 > T1$, 分别为 1148、1233、1391, T3 较 T1、T2 分别

增加 21.17%，较增强 12.81%，T2 较 T1 增强 7.40%。综上，三种种植模式中，覆膜单作的单瓜重和产量最高，较单作有明显提高，间作和单作相比有所提高，但不明显。

表 3 土壤养分含量与土壤酶活性的关系
Table 3 Correlation coefficients between soil nutrient contents and enzyme activities

生育 时期 Growth stage	分析指标 Analysis index	全氮 Tot. N	碱解氮 Alkal. N	有机质 O. M	速效钾 Avail. K	速效磷 Avail. P	全磷 Tot. P	过氧化 氢酶 Catalase	脲酶 Urease	蔗糖酶 Nvertase	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase
团棵期 Resettling	过氧化氢酶 Catalase	1.00* *	0.94	0.95*	1.00* *	1.00* *	0.98*		0.81	0.98*	0.99*
	脲酶 Urease	0.82	0.96*	0.95*	0.81	0.82	0.91	0.81		0.92	0.71
	蔗糖酶 Invertase	0.98*	0.99* *	0.99* *	0.98*	0.98*	1.00* *	0.98*	0.92		0.93
	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase	0.99*	0.88	0.89	0.99*	0.99*	0.94	0.99*	0.71	0.93	
伸蔓期 Vining	过氧化氢酶 Catalase	0.92	0.91	0.9	0.99*	0.89	0.98*		1.00* *	1.00* *	1.00* *
	脲酶 Urease	0.90	0.89	0.88	0.98*	0.87	0.96*	1.00* *		1.00* *	0.99* *
	蔗糖酶 Invertase	0.89	0.88	0.87	0.97*	0.86	0.96*	1.00* *	1.00* *		0.99* *
	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase	0.95	0.94	0.93	1.00* *	0.92	0.99*	1.00* *	0.99* *	0.99* *	
开花坐果期 Flowering	过氧化氢酶 Catalase	0.86	0.84	0.90	0.96*	0.96*	1.00* *		0.99* *	1.00* *	0.99*
	脲酶 Urease	0.78	0.77	0.83	0.92	0.92	0.98*	0.99* *		0.99*	0.95
	蔗糖酶 Invertase	0.87	0.86	0.91	0.97*	0.97*	1.00* *	1.00* *	0.99*		0.99* *
	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase	0.93	0.92	0.96*	0.99* *	0.99* *	1.00* *	0.99*	0.95	0.99* *	
膨瓜期 Fruiting	过氧化氢酶 Catalase	0.47	0.58	0.84	0.98*	0.97*	1.00* *		1.00* *	0.94	0.91
	脲酶 Urease	0.40	0.51	0.79	0.96*	0.95	0.99*	1.00* *		0.91	0.84
	蔗糖酶 Invertase	0.74	0.82	0.97*	0.99* *	1.00* *	0.97*	0.94	0.91		1.00* *
	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase	0.79	0.87	0.99*	0.98*	0.98*	0.94	0.91	0.84	1.00* *	
成熟期 Maturity	过氧化氢酶 Catalase	0.13	0.48	0.91	0.96*	0.98*	1.00* *		0.79	0.96*	0.92
	脲酶 Urease	0.71	0.92	0.97*	0.93	0.90	0.74	0.79		0.93	0.92
	蔗糖酶 Invertase	0.39	0.70	0.99* *	1.00* *	1.00* *	0.94	0.96*	0.93		0.99* *
	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase	0.51	0.78	1.00* *	0.99* *	0.98*	0.89	0.92	0.92	0.99* *	

注 (Note): * $P < 0.05$, * * $P < 0.01$ 。

表 4 不同种植模式对压砂瓜产量的影响 Table 4 Effects of planting modes on watermelon yield		
处理 Treatment	单瓜重/kg Weight per melon	产量/(kg·667m ⁻²) Yield
T1	4.77	1148
T2	5.12	1233
T3	5.98	1391

3 结论与讨论

不同种植模式对土壤养分含量有明显影响。本研究分析表明覆膜单作和间作可以明显改善土壤化学性状,增加养分含量,这与许强^[14]等和王建湘^[15]等的研究结果一致;其中以覆膜单做效果最为明显。三种种植模式下土壤酶活性除碱性磷酸酶外,

过氧化氢酶、脲酶和蔗糖酶在压砂瓜的开花坐果期都有明显的活性高峰出现,而碱性磷酸酶在压砂瓜的团棵期和伸蔓期保持着较高的活性水平。这说明,土壤酶在压砂瓜整个生育期的活性变化可能与压砂瓜生长发育过程中的需肥规律有关。本研究的结果表明,在压砂瓜生长发育过程中的需肥关键时期,与间作和单作相比覆膜单作更有利于土壤养分的供给,更有利于压砂瓜种植。另外,就压砂瓜的整个生育期而言,土壤过氧化氢酶、脲酶、碱性磷酸酶和蔗糖酶活性均呈现出覆膜单作高于间作和单作的规律,能够有效提高土壤酶活性,这与杨青华等^[16]的研究结果一致。覆膜单作采用的是砂上覆膜种植模式,能够通过降低土壤容重、提高土壤孔隙度、提高地温、进一步降低土壤水分无效损失等过程改善土壤结构和土壤水温条件。同时,也能够为土壤微生物的生长提供良好的环境^[14],丰富的微生物不仅能够加速土壤有机物质的分解,而且还能够提高土壤酶的活性,影响土壤养分的分解与转化速率,为压砂瓜的生长发育提供充足的营养。相关分析表明,土壤过氧化氢酶和碱性磷酸酶活性与土壤养分含量之间存在相关性,脲酶和蔗糖酶活性与土壤养分无相关关系。其中过氧化氢酶活性与全磷、速效钾、有机质含量相关性达到极显著正相关;碱性磷酸酶活性与全氮含量之间的相关性达到极显著正相关,这与李双霖等^[17]的研究结果一致。过氧化氢酶活性与土壤养分含量之间的关系最密切,而且各酶活性之间也存在相关性。这表明土壤过氧化氢酶和碱性磷酸酶活性作为评价土壤肥力的指标是具有一定的可靠性和理论支持的^[18]。并且在覆膜单作模式下,西瓜产量最高,间作其次,单作最低。因此,与间作和单作相比覆膜单作更有利于土壤养分含量的增加,土壤酶活性明显增强,改善了土壤环境,有利于压砂瓜的生长发育及产量的提高,可以定为新砂田压砂瓜的最优种植模式。

本试验研究了不同种植模式对新砂田土壤养分和土壤酶活性的影响,为一些土壤酶活性作为评价土壤肥力的指标提供了理论支持,为新砂田压砂瓜早期最优种植模式的筛选提供了理论基础,也为宁夏中卫环香山地区压砂瓜产业的发展和农民的增产

增收提供技术支持。但是,不同种植模式对土壤蔗糖酶和脲酶与土壤养分含量之间的关系,对长期采用覆膜单作和单作种植模式所产生的环境影响,对压砂瓜的产量和品质的影响以及该影响的产生机理都还有待进一步研究。

参 考 文 献:

[1] 陈年来,刘东顺,王晓巍.甘肃砂田的研究与发展[J].中国瓜菜,2008,(2):29-31.

[2] 许 强,强 力,吴宏亮,等.西北传统保护性耕作法——砂田生态机制研究[C]//中国农作制度研究进展研讨会论文集,2008:332-339.

[3] 鲁长才.中卫香山压砂西瓜[M].北京:中国经济出版社,2007:1-10.

[4] 赵 燕,强 力,康建宏,等.宁夏砂田辣椒引种与品种比较研究[J].安徽农学通报,2009,15(5):125.

[5] 赵亚慧,吴宏亮,康建宏,等.砂田轮作模式对土壤微生物区系的影响[J].安徽农业科学,2012,40(27):13273-13275,13278.

[6] 刘恩科,赵秉强,李秀英,等.长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J].植物生态学报,2008,32(1)176-182.

[7] 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1987:259-260.

[8] 张焱华,吴 敏,何 鹏,等.土壤酶活性与土壤肥力关系的研究进展[J].安徽农业科学,2007,35(34):11139-11142.

[9] 贾 伟,周怀平,解文艳,等.长期秸秆还田秋施肥对褐土微生物碳、氮量和酶活性的影响[J].华北农学报,2008,23(2):138-142.

[10] 中国科学院南京土壤研究所微生物室.土壤微生物研究法[M].北京:科学出版社,1985.

[11] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.

[12] 吴金水,林启美,黄巧云,等.土壤微生物生物量测定方法及其应用[M].北京:气象出版社,2006:54,55-59,60-61,68-69,71,137.

[13] 刘建新.不同农田土壤酶活性与土壤养分相关关系研究[J].土壤通报,2004,35(4):523-525.

[14] 许 强,康建宏,吴宏亮,等.压砂地可持续利用的理论与实践[M].银川:阳光出版社,2011:231-232.

[15] 王建湘,周杰良,李树战.南方丘陵区山地梨园间作早稻对土壤理化性质的影响[J].中国水土保持,2007,(5):33-34.

[16] 杨青华,韩锦峰,贺德先.液体地膜覆盖对棉田土壤微生物和酶活性的影响[J].生态学报,2005,25(6):1312-1317.

[17] 李双霖,李友钦.果园土壤酶活性与土壤肥力关系的研究[J].福建农业科技,1990,(1):9-10.

[18] 邱莉萍,刘 军,王益权,等.土壤酶活性与土壤肥力的关系研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(3):277-280.